

FUENTE NO CONVENCIONAL Y RENOVABLE DE HIDROXIAPATITA PARA PURIFICAR AGUA CONTAMINADA CON FLUORURO

Dr. Pablo M. Arnal , Ing. Cecilia Pantaleo

Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC), CIC - CONICET.
La Plata, Cno. Centenario y 506, CC 49, M. B. Gonnet - Pcia. Buenos Aires, ARGENTINA

Resumen

La hidroxiapatita es un material cerámico estratégico para purificar el agua de los acuíferos argentinos contaminados con fluoruro. Los huesos animales son una fuente no convencional y renovable de hidroxiapatita que permite resolver un problema local con un recurso natural autóctono.

Palabras clave: hidroxiapatita, hueso animal calcinado, fluoruro, agua.

Abstract

Hydroxyapatite is a ceramic material that is strategic for the purification of water from Argentine aquifers polluted with fluoride. Animal bones are a nonconventional and renewable source of hydroxyapatite which allows solving a local problem with a native natural resource.

Keywords: hydroxyapatite, calcined animal bone, fluoride, water.

La hidroxiapatita (HA) es un material cerámico estratégico para purificar el agua de los acuíferos argentinos contaminados con fluoruro. Algunos acuíferos extendidos por amplias regiones de nuestro país empleados como fuente de agua de consumo poseen una concentración de fluoruro tóxica (Fig.1). Una investigación de la Organización Mundial de la Salud señala que la ingesta continua de agua cuya concentración de fluoruro supera los 1,5 mg/L es insalubre [1].



Figura 1. Distribución de concentraciones de fluoruro en aguas de segunda napa.

La ingesta habitual de aguas con una concentración de fluoruro superior a los 1,5 mg/L produce fluorosis dental y fluorosis esquelética [1-4]. En la fluorosis dental, los dientes presentan primero manchas blancas que luego viran a marrón. En la fluorosis esquelética, los huesos aumentan su densidad y calcificación. A mayor exposición, mayor perjuicio. Los trastornos varían desde alteraciones apenas perceptibles en radiografías hasta un marcado engrosamiento de la corteza de los huesos largos o calcificación de ligamentos, tendones, e inserciones óseas de los músculos. La ingesta excesiva también altera el funcionamiento de la glándula tiroidea, de los riñones, y retrasa el crecimiento. La intoxicación aguda con fluoruro produce fluorosis esquelética invalidante.

La HA es un cerámico cristalino con fórmula química $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ que en contacto con agua contaminada reduce la concentración de fluoruro. La HA posee una estructura cristalina hexagonal [5] formada por aniones fosfato (PO_4^{3-}), cationes calcio (Ca^{2+}), y aniones hidroxilo (OH^-) con una interesante propiedad: los aniones hidroxilo tienden a intercambiarse por aniones halogenuros ($\text{X}^- = \text{F}^-, \text{Cl}^-, \text{Br}^-$) en medio acuoso, siendo el intercambio con fluoruro irreversible en contacto con aguas naturales.

La HA es un componente accesorio (cristales microscópicos) en rocas ígneas de nuestro país. Sin embargo, esta fuente natural no se utiliza en un proceso industrial local para obtener la HA. Esto se deduce de la ausencia de la HA de la lista de 19 productos de origen mineral disponibles a escala industrial en nuestro país según una publicación del 2011 del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) [6].

La HA también puede obtenerse por vía química. La vía química principal consiste en ensamblar el cerámico cristalino en medio acuoso a partir de los iones fosfato, calcio e hidroxilo. Estos iones pueden incorporarse al medio acuoso por disolución de ácidos, bases o sales [7]. De estos precursores, sin embargo, sólo el carbonato de calcio constituye una materia prima elaborada a escala industrial en la Argentina [6]. Así, la vía química resulta intransitable a partir de recursos naturales autóctonos.

Una fuente de materia prima no convencional de HA son los huesos animales. El principal componente de estos huesos es la HA (65-70%) [8]. Es más, los huesos animales provenientes de frigoríficos

(subproducto industrial), del consumo familiar y de animales muertos en el campo son la materia prima del único fosfato fabricado en el país [9].

Este fosfato obtenido de huesos animales encuentra diversos usos. Por un lado, las cenizas de hueso se emplean para corregir posibles deficiencias de calcio en la alimentación de ganado bovino [10]. Por otro, los huesos animales se utilizan como fuente de fósforo natural para suministrar a los suelos de plantaciones con protección biotecnológica, ya que permite combatir los fitopatógenos causantes de la putrefacción de la corona y la caída de las plantas, mejorando también su resistencia natural [11].

Pero un uso de la HA poco explorado hasta ahora es la remoción de aniones fluoruros de aguas. Si bien el uso de la HA obtenida a partir de huesos animales para remover fluoruro de aguas es objeto de estudio a nivel mundial [12-14], la investigación se encuentra aún en una etapa inicial. Jiménez y Solache [13], por ejemplo, pudieron preparar una HA capaz de remover 4,7 mg de fluoruro por gramo de material usado.

Cabe destacar que la HA proveniente de los huesos bovinos faenados en nuestro país alcanza en principio para resolver el problema local de la contaminación de aguas con fluoruros. Según un informe de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario, en el año 2010 se faenaron 11.882.706 cabezas de ganado bovino en la República Argentina [16]. Considerando que un novillo promedio posee unos 50 kg de huesos [17], podemos concluir que sólo el sector bovino de la industria cárnica produjo unos 600.000.000 kg de huesos en 2010. O, lo que es lo mismo, un promedio de 15 kg de hueso por habitante de nuestro país.

Los huesos animales pueden convertirse en HA mediante un proceso simple y escalable. Los huesos se calcinan en un horno a una temperatura inferior a 1000 °C. En estas condiciones, la materia orgánica de los huesos se descompone químicamente formando especies volátiles que se evacúan del horno, mientras que en el horno permanece el componente mineral del hueso. Al finalizar el

proceso, la masa remanente es aproximadamente la mitad de la masa de huesos utilizada.

En conclusión, los huesos animales son una fuente no convencional y renovable de HA que podría usarse para evitar el daño que sobre la salud humana produce el consumo de aguas con concentraciones demasiado elevadas de fluoruro. Así, un problema local puede resolverse con un recurso natural autóctono.

Agradecimientos Bibliografía

- [1] Organization, W.H., *Guidelines for Drinking-Water Quality - Recommendations - Addendum*. 3 ed. Vol. 1. 2008, Genova.B
- [2] Fawell, J., K. Bailey, et al., *Fluoride in Drinking-water*. 2006, Padstow, Cornwall, UK: World Health Organization.
- [3] Ingallinella, A.M., ., *Procesos ARSIS-UNR para la Remoción de Arsénico y Flúor en Aguas Subterráneas: una experiencia de aplicación*. 2011, Centro de Ingeniería Sanitaria, Fac. Cs. Exactas, Ing. Y Agrimensura, UNR.; Rosario, Santa Fe, Argentina.
- [4] Ryzcel, M.E., *Flúor y Agua de Consumo - Su relación con la salud - Controversias sobre la necesidad de fluorar el agua de consumo*. Boletín del ATA, 2006. 20(72): p. 21-26.
- [5] Kay, M.I., R. A. Young, et al., *Crystal Structure of Hydroxyapatite*. 1964. 204(4963): p. 1050-1052.
- [6] Argentino, S.G.M.
- [7] Mostafa, N.Y., *Characterization, thermal stability and sintering of hydroxyapatite powders prepared by different routes*. Materials Chemistry and Physics, 2005. 94(2-3): p. 333-341.
- [8] Antonio J. Salgado, O.P.C., Rui L. Reis, *Bone Tissue Engineering: State of the Art and Future Trends*. Macromol. Biosci., 2004. 4: p. 743-765.
- [9] D.J., M., *Ceniza de Huesos y Otros Fosfatos en Relación con la EEB, INTA, Editor*. 2005.
- [10] J., M.D., *El Calcio en la Alimentación del Ganado Bovino para Carne*, in Noticias y Comentarios, INTA, Editor. 2002: Mercedes, Corrientes.
- [11] E., S., *Reciclaje y revalorización de sustrato de huesos para la protección y nutrición de cultivos respetuosos con el medioambiente, proyecto a cargo de Terra Humana Clean Technology Development, Engineering and Manufacturing Ltd.*
- [12] V. E. Badillo-Almaraz, J.A.F., H. Arriola, F. A. López, L. Ruiz-Ramírez, *Elimination of fluoride ions in water for human consumption using hydroxyapatite as an adsorbent*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2007. Vol. 271, No.3.
- [13] M. Jiménez-Reyes, M.S.-R., *Sorption behavior of fluoride ions from aqueous solutions by hydroxyapatite*. 2010. 180(1-3): p. 297-302.
- [14] C. Sairam Sundaram, N.V., S. Meenakshi, *Uptake of fluoride by nano-hydroxyapatite/chitosan, a bioinorganic composite*. 2008. 99(17): p. 8226-8230.
- [15] Fan, X., Parker D.J., Smith, M.D., *Adsorption kinetics of fluoride on low cost materials*. 2003.
- [16] Agropecuario, O.N.d.C.C.
- [17] Garriz, C., *Subproductos ganaderos: huesos*. Buenos Aires (Argentina). 2000, Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA).

ELECPOR S.A.

FABRICACION DE PORCELANA ELECTRICA PARA ILUMINACION
(HASTA 60 AMP)

AISLADORES E INTERCEPTORES

Fab.: Ruta 25 N° 2782 y Víctor Maro - Adm. y Vta.: Venecia 564
1625 BELEN DE ESCOBAR - Telefax:(03488) 421969 - e-mail: fatel@cotelnet.com.ar



PIMESA

PORCELANA ELECTRICA

- Aisladores rienda, pasantes para transformadores y especiales bajo plano
- Cerámica Piezoeléctrica
- Bolas y ladrillos para molino

Mejico 5126 (1603) Villa Martelli - Pcia. de Bs. As.
Tel./fax: 4709-4376 - pimesa@mpsrl.com.ar

¡Oportunidad!

HORNO "MORETTI" ITALIANO A GAS PARA COCCIÓN DE CERÁMICA **US\$ 17.000-**

Muflado, Capacidad: 2.20m3. **Dimensiones interiores:** Alto 1240 mm, Ancho 880mm, Profundidad 2040 mm. **Temperatura máxima de trabajo:** 1100° C. **Equipado** con dos vagonetas, un transportador y 16 quemadores de llama ascendente para una correcta distribución del calor. **Sólida construcción** de acero con frente de acero inoxidable.

Posee un **ingenioso sistema de control**, ya que todo el sistema funciona con 12v alimentado por una batería; lo que asegura un continuo funcionamiento ante cortes de energía eléctrica.

Las dos vagonetas tienen una **estructura refractaria hecha a medida por la firma "Acme Marls Limited" de Inglaterra**. Confeccionadas en cordierita de tal forma que permiten intercalar placas para aprovechar integralmente el volumen interior del horno.



♦ **Ariel Vacca**, Tel.: (54-11) 47091752 | ventas@vapahc.com.ar